Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 67-80

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۰-۶۷

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر آب مغناطیسی شده بر کارایی علف‌کش نیکوسولفورون، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

محمد جمشیدی[1]- علی قنبری[2]- مهدی راستگو[3]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی امکان بهبود کیفیت آب مخزن سمپاش با استفاده از عبور از میدان مغناطیسی و تأثیر آن بر کارایی نیکوسولفورون، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی دو ساله به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، اجرا شد. فاکتورها عبارت بودند از مقدار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون (کروز) در ۵ سطح (صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار از فرمولاسیون تجاری) و نوع آب مخزن سمپاش در سه سطح (آب چاه (شاهد غیر مغناطیس) و گذر همان آب به میزان ۱۰ و ۲۰ بار از میدان مغناطیسی با شدت ۶۵۰ میلی‌تسلا). سم‌پاشی در مرحله ۴ تا ۵ برگی ذرت انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد کمترین تراکم کل علف‌های‌هرز (۱۰۸ بوته در متر مربع) در اثر ۱۰ دور عبور آب حامل از میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی تسلا و کمترین وزن خشک علف‌های‌هرز نیز در اثر مقادیر کاربرد ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار نیکوسولفورون مشاهده شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۲۵۱ گرم در متر مربع)، تعداد دانه در ردیف بلال (۴۵)، تعداد کل دانه در بلال (۶۲۷/۲) و وزن ۱۰۰ دانه ذرت (۳۵/۵ گرم) در تیمار ۱۰ دور گذر آب مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی به‌همراه دزهای ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار نیکوسولفورون مشاهده شد، که نسبت به تیمار شاهد (آب غیر مغناطیس و عدم کاربرد علف‌کش) به‌ترتیب ۵۷، ۲۱، ۴۴ و ۱۹ درصد افزایش نشان داد. کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد (بدون علف‌کش) و بیشترین عملکرد دانه نیز در تیمار بیشینه دز علف‌کش نیکوسولفورن مشاهده شد. بطور کلی نتایج نشان داد که تیمار ۱۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی به همراه دزهای ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار از نیکوسولفورون اثر مثبتی بر کنترل علف‌های هرز داشت، که خود منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد.

واژه‌های کلیدی: آب مخزن سمپاش، دز علف‌کش، کروز، وزن خشک علف هرز

مقدمه

ذرت از محصولات مهم زراعی با سطح زیر کشت جهانی حدود ۲۰۰ میلیون هکتار در سال است، و تداخل علف‌های هرز، از مهم ترین دلایل کاهش عملکرد ذرت است (۴). در کنترل شیمیایی، کاربرد سموم اختصاصی در محصولات زراعی ضروری می‌باشد (۷). یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین علف‌کش‌های این گروه نیکوسولفورون با نام تجاری کروز می‌باشد که در مرحله ۲ تا ۴ برگی گیاه زراعی ذرت به میزان دز توصیه شده ۲ لیتر در هکتار از ماده تجاری مصرف می‌شود (۱۵).

عوامل متعددی بر جذب و انتقال و کارایی علف‌کش‌ها تأثیرگذارند که از جمله این عوامل می‌توان به مؤلفه‌های فیزیکی نظیر جهت‌گیری برگ، شکل برگ، اندازه برگ و ضخامت کوتیکول و عوامل محیطی همچون بارندگی پس از سم‌پاشی، رطوبت نسبی، باد، دما و کیفیت آب حامل علف‌کش اشاره نمود (۴).

گاهی ناسازگاری فیزیکی و شیمیایی در بین علف‌کش‌ها و سایر ترکیبات غیرعلف‌کشی یا حامل آن‌ها مشاهده می‌شود که این ناسازگاری‌ها از مهم‌ترین عوامل کاهش کارایی علف‌کش می‌باشند (۱۷).

آب مهم ترین حلالی است که به‌صورت حامل اکثر علف‌کش‌ها در مخزن سمپاش می‌تواند در کارایی مناسب‌تر و مطلوب‌تر علف‌کش‌ها مؤثر باشد (۱۴). شاخص‌های تعیین کننده کیفیت آب شامل اسیدیته، سختی و کدورت[2] آب می‌باشند (۴). از جمله نتایج حاج محمدنیا قالی باف و همکاران (۴) نشان داد که کارایی علف‌کش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m.rastgoo@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v34i1.79147

2- Turbidity

نیکوسولفورون در کنترل علف هرز سوروف به شدت تحت تأثیر سختی آب قرار می‌گیرد. یکی از عوامل مؤثر بر کاهش سختی آب، عبور آب سخت از میدان مغناطیسی می‌باشد (۱ و ۲). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که عبور مستقیم محلول علف‌کش‌ها از میدان مغناطیسی سبب کاهش کشش سطحی و نیز مقدار برگشت قطره[1] پس از برخورد با برگ شده و در نتیجه سبب بهبود کارایی برخی علف‌کش‌ها شده است (۱). بر این اساس نتایج مطالعات پژوهشگران نشان داد که کاربرد علف‌کش کلودینافوپ–پروپارژیل، سیکلوکسیدیم، ایمازتاپیر و گلایفوسیت به همراه آبی که از میدان مغناطیسی عبور داده شده بود، سبب افزایش کارایی این علف‌کش‌ها در کنترل تمام گونه‌های غالب موجود در مزارع مورد تحقیق از جمه تاتوره (*Datura stramonium* L.)، یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Dur.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) شد (۱ و ۲). با این وجود در ارتباط با تأثیر عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان میدان مغناطیسی بر کارایی نیکوسولفورون در مزارع ذرت اطلاعات محدودی در دست می‌باشد، به‌همین دلیل این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر عبور آب مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی بر کارایی علف‌کش نیکوسولفورون در ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال متوالی ۹۶–۱۳۹۵ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا جرا شد.

فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: نوع آب مخزن سمپاش در سه سطح (آب چاه مزرعه، ۱۰ و ۲۰ بار گذر مذکور از میدان مغناطیسی با شدت ۶۵۰ میلی تسلا (اندازه‌گیری توسط دستگاه تسلامتر)) و مقدار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون در ۵ سطح صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثره در در هکتار است. برخی خصوصیات آب مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

کوددهی بر اساس آزمایش خاک (جدول ۲) و نیاز کودی و توصیه‌های موجود عبارت بودند از کود اوره (۴۶ ٪ نیتروژن) به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و به‌صورت سرک، در دو مرحله (۲۰ و ۴۵ روز پس از کاشت)، سولفات تریپل ۵۰ کیلوگرم در هکتار و در زمان کاشت انجام شد. کاشت ذرت به صورت ردیفی در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ماه با دست انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۱۸ سانتی‌متر با تراکم ۷۴ هزار بوته در هکتار بود. آبیاری هر ۷ روز یک بار به‌صورت نشتی انجام شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۱۲متر مربع (۳×۴ متر) و هر کرت شامل ۴ ردیف بود. خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش نیز در شکل ۱ نشان داده شده است (۵).

برای اعمال تیمارهای علف‌کش از سم‌پاش پشتی شارژی با نازل بادبزنی شماره ۸۰۰۲ در فشار پاشش ۲۴۰ کیلوپاسکال و حجم پاشش نیز ۱۸۵ لیتر در هکتار استفاده شد.

برای اعمال میدان مغناطیسی بر آب مورد استفاده، در مخزن سمپاش، رسوب‌گیر Aqua ساخت کشور آلمان با قدرت ثابت ۶۵۰ میلی‌تسلا روی سیستم نصب شد، رسوب‌گیر در بین دو مخزن بزرگ که بر روی هم‌دیگر و روی شاسی فلزی نصب شده بودند، توسط لوله پلی اتیلن ثابت شد (شکل ۲). انتقال آب از مخزن بالایی تحت تأثیر نیروی ثقل و پس از گذر از درون رسوب گیر (میدان مغناطیسی) وارد مخزن زیرین می‌شد و پس از تخلیه کامل مخزن، شیر بسته شده و آب از مخزن زیرین به مخزن بالایی پمپاژ می‌شد. این عمل برای اطمینان از اینکه تمامی آب از میدان عبور کرده باشند، صورت می‌گرفت. بر حسب نوع تیمار ۱۰ یا ۲۰ بار، آب در درون سیستم به‌حالت گردشی از دستگاه مغناطیس عبور داده شد (۱۰ و ۱۱) به‌عبارت دیگر، ابتدا آب از میدان مغناطیسی عبور داده شده سپس بر حسب نوع تیمار علف‌کشی، دز مربوطه اضافه شده و آن‌گاه سم‌پاشی صورت گرفت. میزان آب مورد استفاده در هر سه تیمار (معمولی و دو تیمار متفاوت عبور داده شده از میدان مغناطیسی) برابر بود. زمان پاشش بر اساس مرحله توصیه شده برای کاربرد نیکوسولفورون در اواسط خرداد ماه و مرحله ۴ تا ۵ برگی ذرت انجام شد.

در انتهای فصل و همزمان با مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ذرت در سطحی معادل دو متر مربع و با حذف اثرات حاشیه‌ای، صفات مورفولوژیکی و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شامل ارتفاع گیاه، تعداد ردیف در بلال، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت و همچنین تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز موجود در هر واحد آزمایشی با استفاده از یک کادر به مساحت یک متر مربع، ابتدا براساس تراکم موجود در واحد مورد اندازه‌گیری، ثبت شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۳۶ ساعت در آون (دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از همگن بودن واریانس‌ها در دو سال آزمایش از تجزیه مرکب جهت تجزیه و تحلیل داده‌های دو ساله استفاده شد. برای این منظور به کمک نرم‌افزار SAS ver. 9.4 داده‌ها تجزیه واریانس شد و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel ver. 2010 استفاده شد.

1- Bouncing off

جدول ۱- خصوصیات کیفی آب مورد استفاده برای پاشش نیکوسولفورون

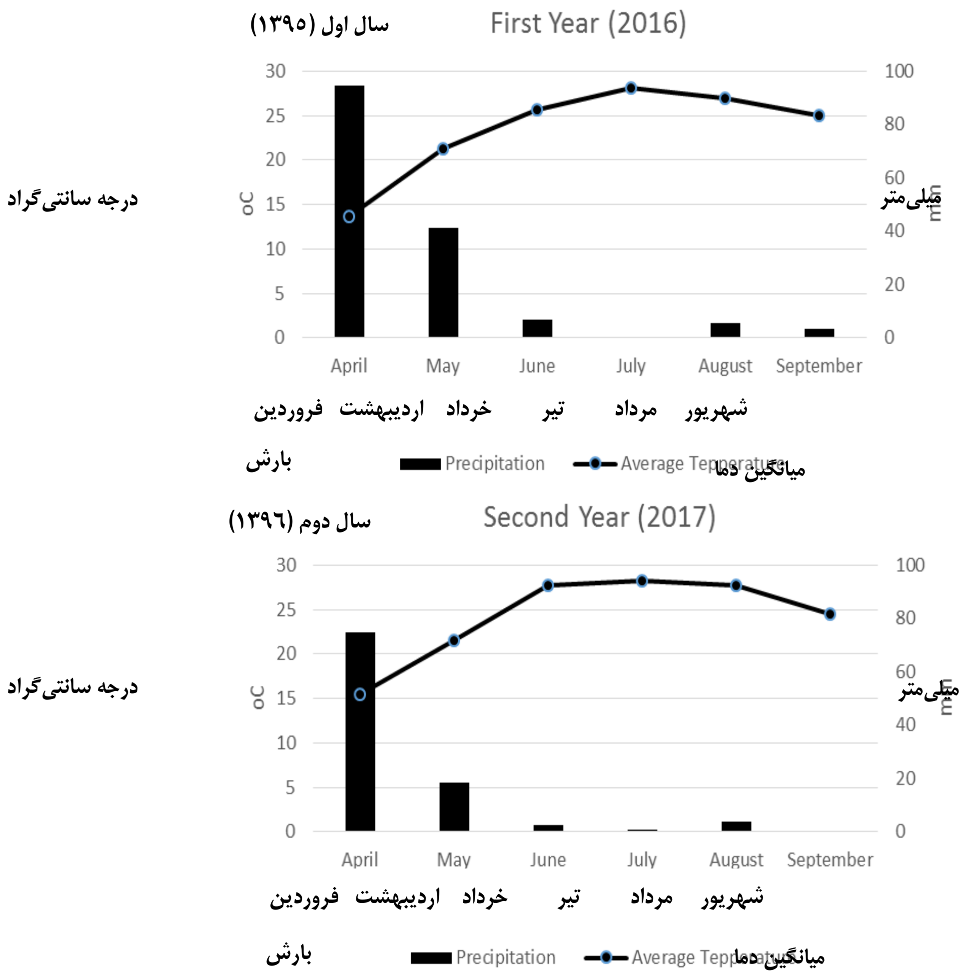
Table 1- Quality characteristics of water used for spraying Nicosulfuron

اسیدیته pH	EC $dS.m^{-1}$	TDS g/L	سولفات SO_4^{2-} ppm	منیزیم Mg ppm	کلراید Cl^- ppm	کلسیم Ca^{2+} ppm	سدیم Na^+ ppm	سختی کل Hardness g/L	کادمیوم Cd ppm	آهن Fe^{2+} ppm	نیترات No_3^- ppm
7.87	923	495	90	26	95	62.3	100	265	0.003	0.01	36.7

جدول ۲- نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

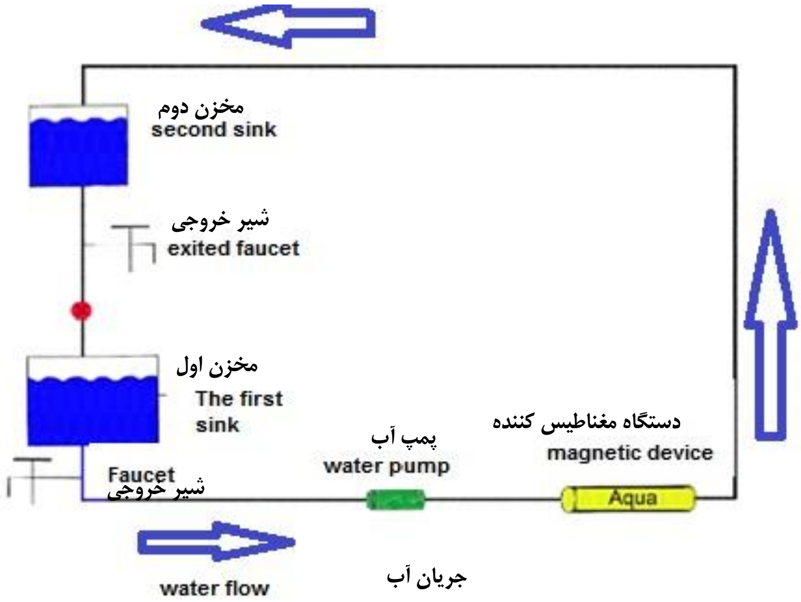
Table 2-Results of soil physical and chemical characteristics for experimental Site

بافت خاک Soil texture	میزان (پی‌پی‌ام) Content (ppm)				سدیم Na	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
	کلسیم Ca	پتاسیم K	فسفر P	بیکربنات HCO_3^{-1}			
لوم سیلتی Loam- silt	2400	670	600	1620	1720	7. 3	0.32



شکل ۱- میانگین دمای ماهانه و متوسط بارش ماهانه مربوط به دوسال اجرای آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در طی فصل رشد (۵)

Figure 1- Monthly average of temperature and precipitation during growth season in 2016 and 2017



شکل ۲- دستگاه مغناطیس کننده آب مورد استفاده در مخزن سمپاش

جهت میدان مغناطیسی دستگاه آکووا در راستای جهت ورود جریان آب

Figure 2- Magnetic device for water of sprayer tank

The magnetic field direction of Aqua followed just the water course

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک کل علف‌های‌هرز

براساس مشاهدات مزرعه‌ای شش گونه علف هرز پهن‌برگ شامل تاج خروس ریشه قرمز، پیچک[۱]، خرفه[۲]، تاجریزی سیاه[۳]، سلمه‌تره[۴] و توق[۵] و چهار گونه‌های علف هرز باریک‌برگ شامل علف‌انگشتی[۶]، ارزن‌وحشی[۷]، اویارسلام ارغوانی[۸] و سوروف[۹] مشاهده شدند. گونه‌های پهن‌برگ مزرعه مورد آزمایش عموماً یکساله و فقط پیچک چندساله بود، و در میان گونه‌های باریک‌برگ نیز فقط اویار سلام ارغوانی چند ساله بود. مشابه این گونه‌ها در مطالعات سایر پژوهشگران نیز اشاره شده است (۱۵). کاربرد علف کش نیکوسولفورون بیشترین تأثیر را بر گونه‌های علف هرز تاج خروس ریشه قرمز، خرفه، سلمه تره، علف انگشتی، ارزن وحشی و سوروف ایجاد کرد و این در حالی بود که توق، پیچک و اویارسلام ارغوانی با شدت کمتری توسط این علف‌کش تحت تأثیر قرار گرفتند (داده‌ها نشان داده نشده اند). نتایج بسیاری از پژوهش‌های قبلی نیز بیانگر توانایی زیاد این علف‌کش در کنترل برخی پهن برگ‌ها و عمده باریک برگ‌های یکساله دارد (۱۵).

براساس نتایج بدست آمده تراکم و وزن خشک کل گونه‌های علف‌های هرز نسبت به اعمال تیمارهای نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقادیر مختلف کاربرد نیکوسولفورون در هر دو سال آزمایش بطور معنی‌داری واکنش نشان دادند (جدول ۳) و بیشتر اثرات ساده و متقابل هر دو عامل اعمال شده در هر دو سال بطور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بر تراکم کل گونه‌های علف‌های‌هرز معنی‌دار بود. به این مفهوم که در دو سال پاسخ تراکم کل علف‌های‌هرز با یکدیگر در طول دوره رشد بطور معنی‌دار متفاوت بود. احتمال می‌رود این مهم ناشی از تفاوت شرایط خاک و یا بانک بذر مزرعه باشد که در طول سال دوم در اثر کشت در سال قبل دچار تغییر شده در نتیجه بر تراکم کل علف‌های‌هرز مزرعه نیز مؤثر واقع شده است. کم‌ترین تراکم کل علف‌های‌هرز (۱۰۸ بوته در متر مربع) در اثر ۱۰ دور عبور آب حامل از میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی تسلا (شکل ۳) و کمترین وزن خشک علف‌های‌هرز در اثر مقدار کاربرد ۸۰ گرم در هکتار علف کش نیکوسولفورون مشاهده شد (شکل ۴). منطبق بر نمودارهای ارایه شده در شکل ۱، هر دو سال آزمایش از نظر شرایط دمایی و بارش بسیار مشابه بودند به جز میزان بارش ابتدای فصل رشد که در سال آزمایش بیشتر بوده است و در نتیجه اثر این عوامل بر شرایط آزمایش و تأثیر فاکتورهای مورد بررسی در حداقل است با این حال اثر همین مقدار اختلاف در بارش بر جامعه علف‌های هرز در دوسال مختلف آزمایش مؤثر بوده است، به‌طوری‌که اثر متقابل سال و فاکتورهای آزمایش عمدتاً بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نمود بیشتری داشته است.

1- *Convolvulus arvensis* L.
2- *Portulaca oleracea* L.
3- *Solanum nigrum* L.
4- *Chenopodium album* L.
5- *Xanthium strumarium* L.
6- *Digitaria sanguinalis* L.
7- *Setaria viridis* L.
8- *Cyperus rotundus* L.
9- *Echinochloa crus galli* L.

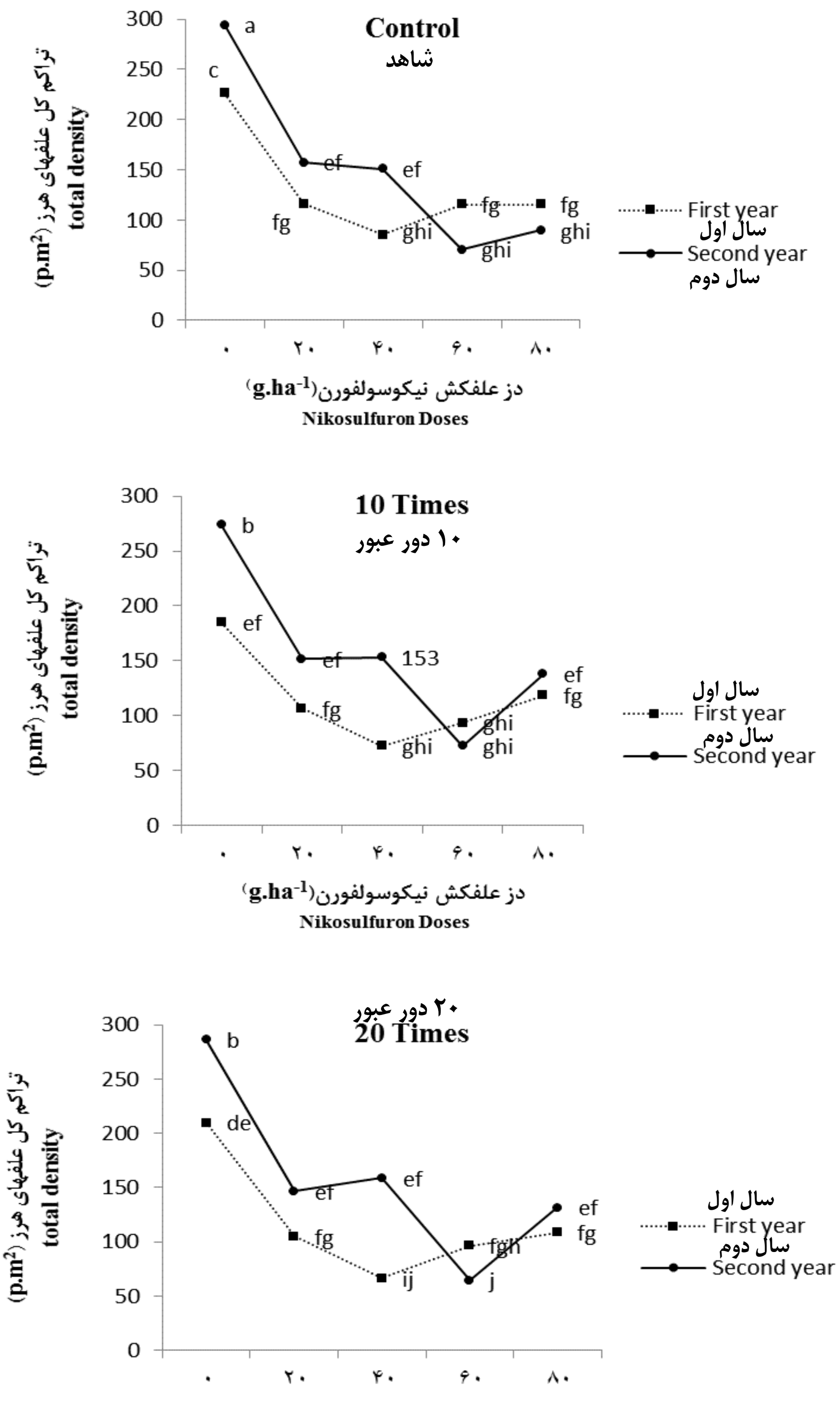
جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر نوع آب مخزن سمپاش و مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در دو سال اجرای آزمایش

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of water type of sprayer`s tank and different doses of Nicosulfuron herbicide **on total weed density, total weed dry weight, yield and yield components of corn at two year**

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	ارتفاع Height	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد ردیف در بلال Row No. per ear	تعداد دانه در ردیف Grain No. per ear`s row	تعداد کل دانه در بلال Total grain No. per ear	طول بلال Ear length	وزن ۱۰۰ دانه 100 grain weight	تراکم کل علف‌های‌هرز Total weed density	وزن خشک کل علف‌های‌هرز Total weed dry weight
سال Year (Y)	1	6853.9**	71460517**	3716792**	1241.9**	6.2**	9.6 ns	6294 ns	0.1 ns	737.4**	402180**	3372ns
بلوک Block	2	9915.4**	1054659ns	371678*	198.2**	4.1**	640.9**	300232 **	80.9**	30.0 **	1049**	404ns
نوع آب مخزن سمپاش (a) Water type of sprayer`s tank (a)	2	140.1ns	1193117ns	233397ns	150**	1.0*	112.9 **	12872 ns	19.3 **	32.3 **	30425**	4139*
مقدار کاربرد علف کش (b) Herbicide dose (b)	4	2334.7**	7216816**	1680853**	187**	6.4**	86.3 **	92998 **	75.4 **	48.9 **	68113**	398894**
(a)×(b)	8	512.4ns	114735*	3470024**	98**	0.6*	65.4 **	13992**	13.3 **	21.2 **	68132**	2820*
(a)×Y	2	119.1ns	676452ns	289537*	21.1ns	0.1ns	112.8 **	10257 ns	3.9 ns	4.6 ns	25695**	1500ns
(b) ×Y	4	935.1*	218423ns	82377ns	61.7ns	0.2ns	22.0 ns	2045 ns	6.0 **	16.5 **	4908**	5454**
خطا Error	58	372.1	505703	89059	31.4	0.2	24.8	4870	1.6	5.0	146	1148
کل Total	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2		94.0	85.0	68.3	80.2	68.2	66.1	80.04	87.1	82.1	98.9	96.1

ns، * و ** بترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and** are non-significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively

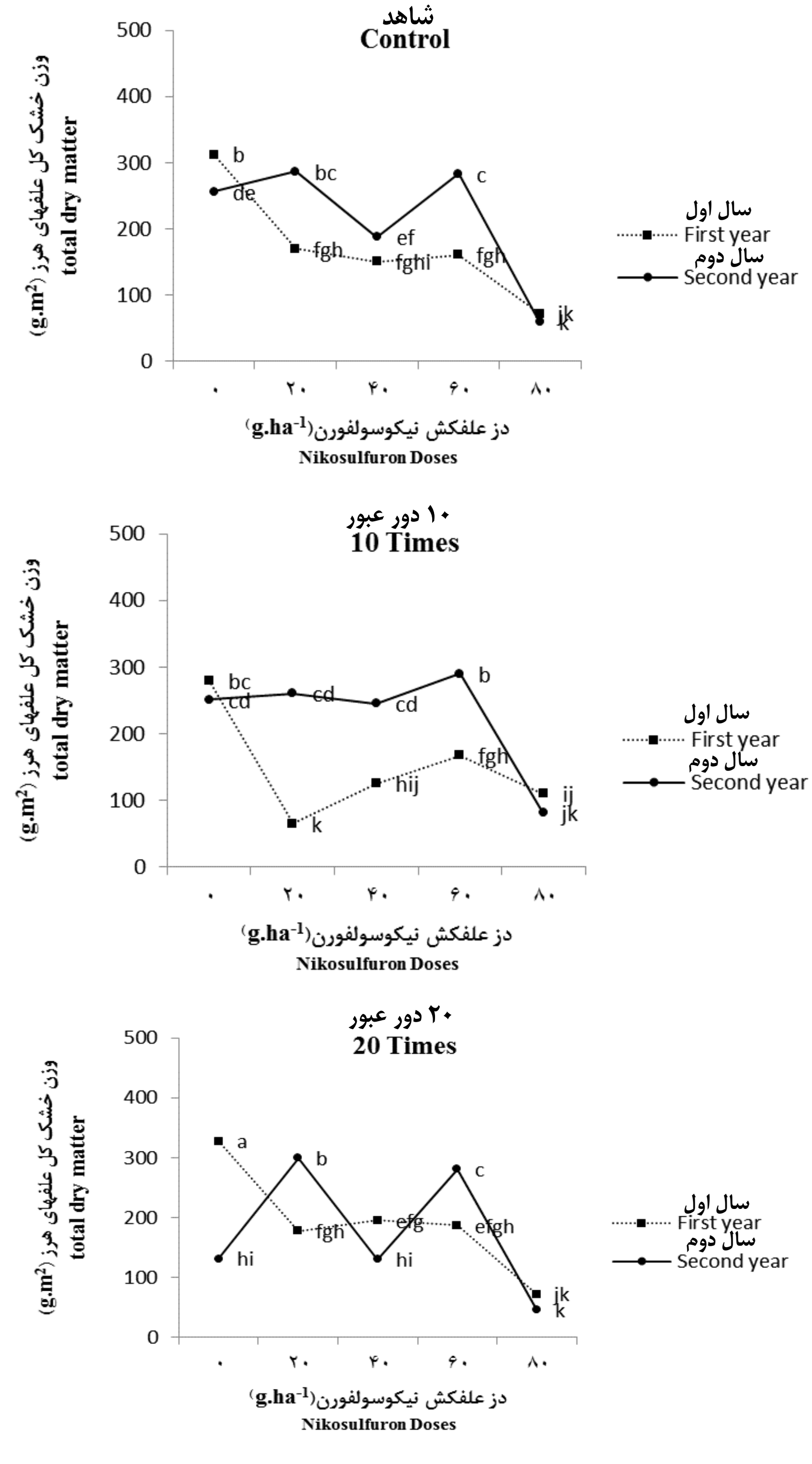


شکل ۳- برهم‌کنش نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقدار کاربرد علف کش نیکوسولفورون بر تراکم کل علف‌های هرز مزرعه ذرت در دو سال مختلف اجرای آزمایش

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Figure 3- Interaction effect of water type of sprayer`s tank and different doses of Nicosulfuron herbicide on total weed density of corn at two year

Means with the same letter does not significantly different based on LSD at 5% probability level.



شکل ٤- برهم‌کنش نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقدار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون بر وزن خشک کل علف‌های هرز مزرعه ذرت در دو سال مختلف اجرای آزمایش

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Figure 4- Interaction effect of water type of sprayer`s tank and different doses of Nicosulfuron herbicide on total weed dry matter of corn at two year

Means with the same letter does not significantly different based on LSD at 5% probability level.

از سوی دیگر و با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، تراکم و زیست توده کل علف‌های هرز در سال اول به مراتب و عمدتاً بیشتر از سال دوم بوده است، که دلیل احتمالی آن را می‌توان به بالاتر بودن حجم بارش ها در ابتدای فصل زراعی (شکل ۱) نسبت داد.

اجزای عملکرد ذرت

بر اساس نتایج آزمایش اثر ساده اعمال نوع آب مخزن سمپاش (کیفیت آب حامل) و مقدار کاربرد علف‌کش بر اجزای عملکرد چون تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف در بلال، طول بلال و وزن ۱۰۰دانه ذرت معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵) شد و بر سایر صفات مورد اندازه گیری معنی‌داری نبود (جدول ۳).

در ارتباط با تیمار مقدار کاربرد نیکوسولفورون نیز مشاهده شد که ارتفاع بوته ذرت، طول بلال و وزن ۱۰۰ دانه ذرت در اثر مقادیر مختلف کاربرد نیکوسولفورون در دو سال اجرای آزمایش به شکل معنی‌داری (p≤ ۰/۰۵) تحت تأثیر قرار گرفتند. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که اثر متقابل کاربرد مقادیر مختلف نیکوسولفورون و نوع آب مخزن سمپاش بر میانگین هر یک از صفات مورد اندازه‌گیری دارای اثرات متفاوت بود، اثر مقادیر کاربرد نیکوسولفورون بر تمام صفاتی مورد بررسی نیز معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵) بود. همچنین اثر متقابل اعمال نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقادیر مختلف کاربرد نیکوسولفورون بجز ارتفاع بوته ذرت بر سایر صفات شامل عملکرد دانه ذرت، شاخص برداشت، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال، طول بلال و وزن ۱۰۰ دانه ذرت نیز معنی‌دار بود (p≤ ۰/۰۵) (جدول ۳).

بر این اساس اعمال ۲۰ دور عبور آب مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی منجر به بیشترین میزان صفات ارتفاع بوته و طول بلال ذرت شد. اما تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف و تعداد کل دانه در بلال نسبت به اعمال هیچ کدام از عوامل آزمایش پاسخ مثبتی نشان ندادند، به‌طوری‌که بیشینه این صفات در تیمار شاهد (آب چاه غیر مغناطیس) مشاهده شد (جدول ۴). ولی شاخص برداشت و وزن ۱۰۰ دانه ذرت بیش از نوع آب مخزن سمپاش، تحت تأثیر مقدار کاربرد علف‌کش قرار گرفت و اعمال بیشینه مقدار کاربرد نیکوسولفورون منجر به حصول بیشینه این دو صفت در مقایسه با سایر تیمارها شد (جدول ۴).

در مطالعات دیگر نیز افزایش عملکرد ذرت تحت تأثیر افزایش مقدار کاربرد نیکوسولفورون نیز تأیید شده است (۱۲). همچنین گزارش شده است که نیکوسولفورون به‌همراه فورام سولفورون نسبت به علف‌کش‌های مرسوم آترازین به‌همراه آلاکلر و ای پی تی سی به‌همراه توفوردی – ام‌سی‌پی‌ای از طریق کاهش تراکم علف‌های هرز منجر به حصول بیشترین عملکرد ذرت شده است (۱۵)، در مطالعه مذکور این محققان همچنین اظهار داشتند که نیکوسولفورون، ای‌پی تی‌سی و فورام سولفورن بر سایر تیمارهای علف‌کشی ذرت برتری داشته و در میان تمام تیمارها بیش‌ترین عملکرد متعلق به تیمار نیکوسولفورون بوده است.

بر اساس نتایج آزمایش بیشتر اجزای عملکرد ذرت (ارتفاع، شاخص برداشت، تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰۰ دانه ذرت) در تیمار عدم کاربرد نیکوسولفورون دارای کمترین مقدار بودند. اما تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد کل دانه در بلال ذرت تحت تأثیر تیمار علف‌کش قرار گرفت و در مقادیر کاربرد ۴۰ و ۶۰ گرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۵).

در یک مطالعه که به‌منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی بر روی نحوه رشد و تولید ماده خشک کل در نخود انجام شده بود، گزارش شده است که آب مغناطیسی، حدود ۲۵ درصد نسبت به آب معمولی میزان ماده خشک تولیدی نخود را افزایش داده است (۱۰). در مطالعه دیگری نیز عنوان شده است که کاربرد میدان مغناطیسی بر آب آبیاری در شرایط گلخانه‌ای و بدون کاربرد علف‌کش به زیان گونه های علف‌هرز و بهبود رشد محصول زراعی نخود، می‌باشد. ولی در صورت کاربرد علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز، آبیاری با آب مغناطیسی، سبب می‌شود که اثرات علف‌کش کاهش یابد، که از دیدگاه مدیریت کنترل زراعی علف‌های هرز استفاده توام علف‌کش و آب عبور داده شده از میدان مغناطیسی، روشی مناسب نخواهد بود (۹ و ۱۶).

عملکرد بیولوژیک ذرت

براساس نتایج بدست آمده اثر نوع آب مخزن سمپاش بر صفت عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار نبود، اما اثر مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر آن معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵) بود. به‌علاوه برهمکنش نوع آب مخزن سمپاش و مقدار کاربرد نیکوسولفورون نیز بر این صفت معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵) بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل اعمال نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقادیر مختلف کاربرد نیکوسولفورون بر عملکرد بیولوژیک ذرت بطور معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵) مؤثر بود (جدول ۳). بر این اساس، اعمال ۲۰ دور عبور آب مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی همچون ارتفاع و طول بلال منجر به بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت شد. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک ذرت نیز همچون صفات مختلف اجزای عملکرد، در تیمار عدم کاربرد نیکوسولفورون مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ٤- تأثیر نوع آب مخزن سمپاش و مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 4- Effect of water type of tank`s sprayer and Nicosulfuron dose on yield and yield component of corn

تیمار Treatment		عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g/m2)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g/m^2)	شاخص برداشت Harvest index	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد ردیف در بلال Row No. per ear	تعداد دانه در ردیف بلال Grain No. per ear`s row	تعداد کل دانه در بلال Total grain No. per ear	طول بلال (سانتی‌متر) Ear length (cm)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100grain weight (g)
نوع آب مخزن سمپاش Water type of sprayer`s tank	شاهد (آب چاه یا غیر مغناطیس) Control (nonmagnetic water)	2948^{a}	1058.7^{a}	36.2^{a}	217.8^{a}	14.5^{a}	35.6^{b}	487.0^{a}	16.5^{b}	30.4^{b}
	۱۰ دور مغناطیس(10)	3176.4^{a}	1232.2^{a}	38.9^{a}	222.1^{a}	14.1^{b}	39.7^{a}	528.2^{a}	17.6^{a}	31.7^{a}
	۲۰ دور مغناطیس(20)	3345.4^{a}	1172.9^{a}	34.5^{b}	219.5^{a}	14.2^{b}	37.8^{a}	504.2^{a}	18.1^{a}	32.4^{a}
LSD 5%		1782.0	218.3	4.4	10.0	0.38	4.1	41.2	1.5	1.9
مقدار کاربرد علف‌کش (گرم در هکتار) Herbicide dose (g/ha)	شاهد (0)(Control)	2076.6^{b}	669.5 c	32.3^{d}	201.7^{a}	13.2^{c}	34.9^{c}	383.6^{b}	14.3^{c}	29^{b}
	(20)	3104.5^{a}	1080.5^{b}	35.8^{c}	219.9^{a}	14.4^{a}	35.8^{b}	502.6^{a}	17.3^{b}	31.0^{a}
	(40)	3465.1^{a}	1216.6^{a}	35.7^{b}	218.4^{a}	14.7^{a}	38.5^{a}	539.4^{a}	17.7^{b}	31.5^{a}
	(60)	3580.3^{a}	1351.7^{a}	37.7^{b}	231.0^{a}	14.3^{b}	39.7^{a}	559.6^{a}	20.0^{a}	33.0^{a}
	(80)	3556.5^{a}	1454.6^{a}	41.2^{a}	227.9^{a}	14.6^{a}	39.5^{a}	547.1^{a}	17.9^{b}	32.9^{a}
LSD 5%		1503.0	374.1	3.9	30.0	0.4	4.7	176.0	2.2	4.01

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means with the same letter does not significantly different based on LSD at 5% probability level.

جدول ۵-مقایسه میانگین بر همکنش نوع آب مخزن سمپاش و مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 5- Interaction effect of water type of sprayer`s tank and Nicosulfuron dose on corn yield and yield components

نوع آب مخزن سمپاش Water type of sprayer`s tank	مقدار کاربرد علف‌کش (گرم در هکتار) Herbicide dose (g/ha)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g/m^2)	شاخص برداشت Harvest index	تعداد ردیف در بلال Row No. per ear	تعداد دانه در ردیف بلال Grain No. per ear`s row	تعداد کل دانه در بلال Total grain No. per ear	طول بلال (سانتی‌متر) Ear length (cm)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100grain weight (g)
شاهد Control	شاهد(۰) Control	1851.2^{c}	31.1^{d}	13.1^{e}	33.7^{bc}	349.1^{e}	13.9^{e}	29.2^{a}
	(20)۲۰	27920^{abc}	32.8^{cd}	14.6^{ab}	31.0^{c}	464.9^{b-e}	15.6^{c-f}	29.4^{a}
	(40)۴۰	3467.5^{abc}	32.7^{cd}	15.3^{a}	39.1^{abc}	524.1^{-a-d}	17.6^{bc}	28.7^{a}
	(60)۶۰	3457^{abc}	38.4^{a-d}	14.4^{ab}	36.4^{abc}	561.9^{ab}	18.2^{bc}	33.0^{a}
	(80)۸۰	3172.3^{abc}	46.3^{cd}	14.8^{ab}	37.7^{abc}	535.0^{abc}	17.4^{bcd}	31.4^{a}
۱۰ دور مغناطیس (10Times)	شاهد (۰) Control	2079.2^{c}	35.0^{bcd}	13.2^{de}	36.3^{abc}	409.7^{cde}	14.3^{ef}	28.9^{a}
	(20)۲۰	3380.4^{abc}	41.1^{cd}	14.1^{a}	40.9^{abc}	562.0^{ab}	18.1^{bc}	31.8^{a}
	(40)۴۰	2909.5^{abc}	40.4^{a-d}	14.3^{bc}	36.5^{abc}	512.3^{a-d}	17.8^{bc}	31.0^{a}
	(60)۶۰	3261.1^{abc}	34.9^{bcd}	14.0^{b-e}	39.6^{abc}	529.8^{abc}	18.5^{bc}	31.2^{a}
	(80)۸۰	4251.0^{a}	43.2^{ab}	14.9^{ab}	45.0^{a}	627.2^{a}	19.5^{b}	35.5^{a}
۲۰ دور مغناطیس (20Times)	شاهد (۰) Control	2299.4^{bc}	30.9^{d}	13.4^{cde}	34.7^{bc}	392.1^{de}	14.6^{def}	28.8^{a}
	(20)۲۰	3141.1^{abc}	33.8^{bcd}	14.5^{ab}	14.5^{ab}	480/8^{b-e}	18.0^{bc}	31.9^{a}
	(40)۴۰	4018.2^{ab}	34^{bcd}	14.7^{ab}	14.7^{ab}	581/8^{ab}	17.7^{bc}	34.7^{a}
	(60)۶۰	4021.7^{ab}	39.7^{a-d}	14.4^{bc}	14.4^{bc}	587^{ab}	23.3^{a}	34.9^{a}
	(80)۸۰	3246.4^{abc}	34.0^{cd}	14.2^{bc}	14.2^{bc}	479/3^{b-e}	17.0^{b-e}	31.8^{a}

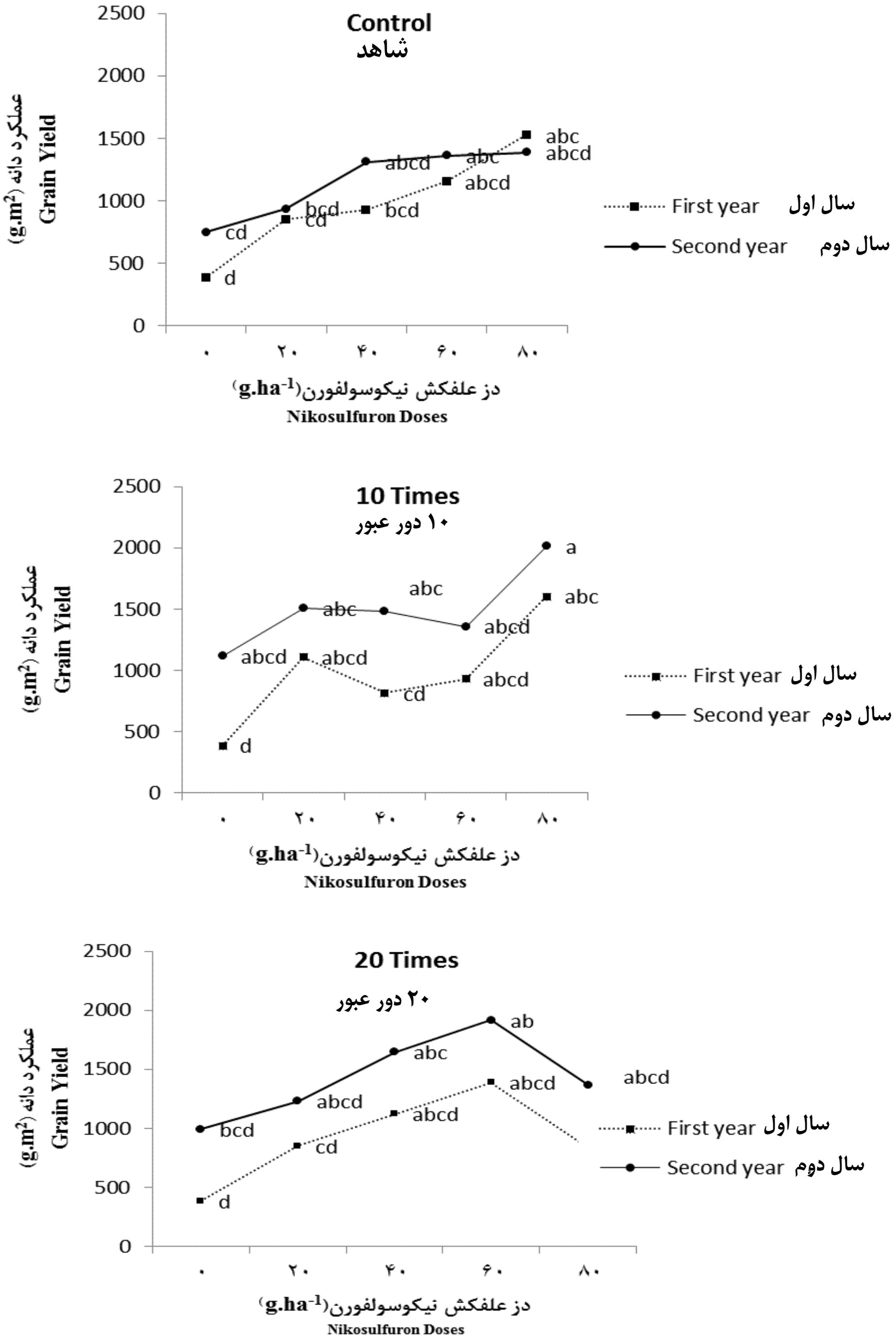
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means with the same letter does not significantly different based on LSD at 5% probability level.

براساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۲۵۱ گرم در متر مربع)، تعداد دانه در ردیف (۴۵)، تعداد کل دانه در بلال (۶۲۷/۲) و وزن ۱۰۰ دانه ذرت (۳۵/۵ گرم) در تیمار اعمال ۱۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش، از میدان مغناطیسی به‌همراه بیشینه مقدار کاربرد نیکوسولفورون (۸۰ گرم در هکتار) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد آب چاه و عدم کاربرد علف کش نیکوسولفورون به‌ترتیب حدود ۵۷، ۲۱، ۴۴ و ۱۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). به این مفهوم که اعمال کمینه میدان مغناطیسی (۱۰ دور) از طریق آب حامل علف‌کش به‌همراه دز توصیه شده علف‌کش منجر به حصول تقریبا بیشینه عملکرد ذرت از لحاظ بیشتر صفات عملکردی و اجزاء آن همچون عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه، وزن ۱۰۰ دانه بلال ذرت خواهد شد و این نتیجه بیانگر اعمال تیمارهای به‌جا در تحقیق بوده که می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری مناسب جهت بهبود عملکرد ذرت شود. اما همان‌طور که ملاحظه می‌شود افزایش عملکرد در ۱۰ دور عبور آب از میدان مغناطیسی رخ داده است و با وجود اعمال ۲۰ دور عبور آب، این نتیجه حادث نشده است، بنابراین جهت بهبود عملکرد، به‌طور قطع نمی‌توان اعمال میدان مغناطیسی بیش‌تر را راه‌کاری مناسب معرفی نمود، و احتمال می‌رود واکنش گیاهان نسبت به اعمال میدان مغناطیسی چه به‌صورت مستقیم (از طریق اعمال میدان بر آب آبیاری و حتی بذر گیاه زراعی (۳، ۱۰ و ۱۱)) و چه به‌صورت غیر مستقیم (در آزمایش حاضر و از طریق آب حامل علف‌کش) دارای یک محدوده مشخص جهت حصول بهینه عملکرد است (جدول ۵).

عملکرد دانه ذرت

براساس نتایج بدست آمده اثر نوع آب مخزن سمپاش همچون اثر ساده مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۵) بود. کمترین مقدار عملکرد دانه ذرت نیز همچون صفات مختلف اجزای عملکرد، در تیمار عدم کاربرد نیکوسولفورون مشاهده شد (جدول ۵). همچنین برهمکنش نوع آب مخزن و مقدار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون بر این صفت معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۵) بود. بطوری‌که در هر دو سال اجرای آزمایش و در تیمار آب غیر مغناطیس، با افزایش مقدار کاربرد نیکوسولفورون میزان عملکرد دانه ذرت نیز به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش یافت (شکل ۵).



شکل ۵- برهمکنش نوع آب مورد استفاده در مخزن سمپاش و مقدار کاربرد نیکوسولفورون بر عملکرد دانه ذرت در دو سال مختلف اجرای آزمایش

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Figure 5- Interaction effect of water type of sprayer`s tank and Nicosulfuron dose on corn grain yield at two years

Means with the same letter does not significantly different based on LSD at 5% probability level.

در شرایط استفاده از آب غیر مغناطیس، بیشترین عملکرد دانه ذرت در بیشینه مقدار کاربرد نیکوسولفورون حاصل شد (شکل ۵)، در تیمار ۱۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی تسلا نیز این روند تقریباً در هر دو سال آزمایش

مشاهده شد و همچنان با افزایش مقدار کاربرد نیکوسولفورون در هر دو سال آزمایش، میزان عملکرد دانه ذرت رو به افزایش بود و کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد (عدم کاربرد علف‌کش) و بیشترین عملکرد دانه نیز در تیمار بیشینه مقدار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون مشاهده شد (شکل ۵). اما با اعمال تیمار ۲۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی این روند دچار تغییر شد (شکل ۵). در اثر اعمال میدان مغناطیسی، مولکول‌های قطبی از جمله آب دوقطبی [1] می‌شوند و دو قطب مثبت و منفی مولکول از همدیگر فاصله می‌گیرند و مصادف با کاهش زاویه بین اتم‌ها ساختار مولکول‌های آب منظم و خطی می‌شوند (۳). راشد محصل و همکاران (۱۲) نیز گزارش کردند با عبور آب مقطر از میدانی با شدت حدود ۷۰۰ میلی تسلا، کشش سطحی آن را حدود ۱۸ درصد کاهش داد. بنابراین می‌توان گفت اعمال میدان مغناطیسی از این طریق منجر به افزایش انحلال علف‌کش و در نتیجه جذب آن در گیاه می‌شود. می‌توان گفت نتایج بدست آمده نیز به‌نوعی سبب اثبات همین امر در گیاه مورد مطالعه شده است.

به عبارت دیگر براساس متغیرهای مهمی همچون عملکرد بیولوژیک و دانه و وزن ۱۰۰ دانه ذرت، با اعمال دز توصیه شده نیکوسولفورون به‌همراه عبور آب مخزن سمپاش به میزان ۱۰ دور از میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی تسلا می‌توان به بیشینه عملکرد بیولوژیک و دانه و وزن ۱۰۰ دانه ذرت دست یافت. احتمال می‌رود این اثر بطور غیرمستقیم به نقش میدان مغناطیسی بر کارایی علف‌کش از طریق کاهش سختی آب و در نتیجه افزایش کارایی نیکوسولفورون در کنترل علف های هرز شده و از این طریق عملکرد بیولوژیک و دانه و وزن ۱۰۰ دانه ذرت نیز افزایش یافته است. بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۸۰۸ گرم در متر مربع) با اعمال تیمار ۱۰ دور عبور آب مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی به‌همراه بیشینه مقدار کاربرد نیکوسولفورون (۸۰ گرم در هکتار) مشاهده شد که نسبت به آب غیرمغناطیس (۵۶۷/۷ گرم در متر مربع) به‌طور تقریبی حدود ۷۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵).

در یک مطالعه دیگر نیز گزارش شد که کارایی علف‌کش گلایفوسیت و ایمازتاپیر در صورت استفاده از آب حامل سخت، کاهش یافت. اما در صورت استفاده از آب حامل مغناطیس شده، کارایی این علف‌کش‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش کارایی علف‌کش سیکلوکسیدیم و کلودینافوپ پروپانیل از طریق آب مخزن سمپاش عبور داده شده از میدان مغناطیسی نیز توسط راشد محصل و همکاران (۱۵) گزارش شده است، این محققان دلیل این مسئله را کاهش کشش سطحی در اثر اعمال میدان مغناطیسی و تولید قطرک های ریزتری از محلول علف‌کش، دانسته‌اند. در حقیقت به‌دلیل کاهش نیروی کشش سطحی، زاویه برخورد قطره با سطح برگ نیز کاسته شده و در نتیجه قطرک‌های بیشتری جذب و به محل هدف رسیده و در نتیجه میزان جذب بالا می‌رود (۱۴).

نتیجه‌گیری

با توجه به خصوصیات کیفی آب چاه مزرعه مورد آزمایش، تایید شد که آب از سختی نسبتاً بالایی برخوردار بود و با توجه به اینکه کارایی نیکوسولفورون طبق نتایج آزمایش‌های محققان و این آزمایش تحت تأثیر سختی آب قرار می‌گیرد، در نتیجه استفاده از میدان مغناطیسی و کاهش سختی آب سبب اثرات معنی‌دار بر کارایی نیکوسولفورون بر تراکم و زیست توده کل علف‌های هرز و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد.

بر اساس نتایج این پژوهش کمترین تراکم کل علف‌های‌هرز (۱۰۸ بوته در مربع) در اثر ۱۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی تسلا و مقادیر کاربرد ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار نیکوسولفورون و کمترین وزن خشک علف‌های‌هرز در اثر کاربرد همان دز علف‌کش مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد کل دانه در بلال و وزن ۱۰۰ دانه ذرت در تیمار اعمال ۱۰ دور عبور آب مورد استفاده در مخزن سمپاش از میدان مغناطیسی به‌همراه مقادیر کاربرد ۶۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار از علف کش نیکوسولفورون مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد آب غیر مغناطیس و عدم کاربرد علف‌کش به‌ترتیب حدود ۵۷، ۲۱، ۴۴ و ۱۹ درصد افزایش نشان داد. بنابراین مقدار کاهش یافته علف‌کش نیکوسولفورون نتوانست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و یا اجزای عملکرد ذرت ایجاد کند. همچنین در تیمار آب غیر مغناطیس، عملکرد دانه ذرت در هر دو سال آزمایش با افزایش مقدار کاربرد نیکوسولفورون به‌طور معنی‌داری روند افزایشی نشان داد.

در شرایط استفاده از آب غیر مغناطیس جهت سم‌پاشی، بیشینه مقدار کاربرد علف‌کش منجر به حصول بیشترین عملکرد نسبت به سایر مقادیر کاربرد شد، همچنین کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد (عدم کاربرد علف‌کش) و بیشترین عملکرد دانه نیز در تیمار ۱۰۰ درصد دز توصیه شده علف‌کش مشاهده شد. بنابراین می‌توان گفت بهترین تیمار ۱۰ دور عبور آب حامل جهت کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون از میدان مغناطیسی، به همراه مقادیر کاربرد ۸۰ گرم در هکتار نیکوسولفورون بود که منجر به بهترین کنترل از نظر تراکم و وزن خشک کل علف‌های‌هرز و حصول بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد.

1- Polarized

منابع

1- Aliverdi A., Ghanbari A., Rashed-Mohassel M.H., Zand E., Nassiri Mahallati M., and Zand E. 2014. Overcoming hard water antagonistic to Glyphosate or Imazethapyr with water conditioners. Notulae Scientia Biologica 6: 244-249.

2- Aliverdi A., Rashed-Mohassel M.H., Zand E., and Nassiri Mahallati M. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). Weed Biology and Management 9: 292-299.

3- Amit J.J., Knezevic S.Z., Ganie Z.A., and Singh M. 2014. Integrated Weed Management in Maize. Recent Advances in Weed Management 177- 196.

4- Hajmohammadnia Ghalibaf K., Rashed Mohassel M.R., Nassiri M., and Zand E. 2015. Optimize nicosulfuron efficacy with the addition of nitrogen compounds affected the water quality in spray tank. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 53-70. (In Persian with English abstract)

5- Https://www.razavimet.ir/ (visited2018).

6- Jabran K., Hussain M., and Chauhan B.S. 2017. Integrated weed management in maize cultivation: an overview. Achieving Sustainable Cultivation of Maize. Cultivation Techniques, Pest and Disease Control. Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Sawston, England. Volume 2.

7- Lamichane J.R., Devos Y., Beckie H.J., Owen M.D.K., Tillie P., Messean A., and Kudsk P. 2016. Integrated weed management systems with herbicide-tolerant crops in the European Union: lessons learnt from home and abroad. Critical Reviews in Biotechnology 37: 459–475.

8- Modhej A., and Piltan M. 2013. Effect of Nicosulfuron and Foramsulfuron herbicides on weed control and grain yield of corn Sc.704. Crop Physiology 16: 43-52. (In Persian with English abstract)

9- Mahmoudi G. 2015. Magnetic irrigation approach used in Pyridate herbicide efficiency relying on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in different conditions. Ph.D. Thesis–Agronomy: Weed Science. Ferdowsi University of Mashhad. 175 p. (In Persian with English abstract)

10- Mahmoudi G., Ghanbari A., Rastgoo M., Gholizadeh M., and Tahmasebi I. 2016. Effect of magnetic field on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 7: 54-64. (In Persian with English abstract)

11- Mahmoudi G., Ghanbari A., Rastgoo M., Gholizade M., and Tahmasebi I. 2015. Evaluating the magnetic field effects on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) under Mashhad climatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 14: 380-391. (In Persian with English abstract)

12- Martinez E., Carbonel M.V., and Amaya J.M. 2000. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). Bioelectromagnetics 19: 271-277.

13- Nalewaja J.D., and Matysiak R. 1993. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). Weed Technology 7: 154-158.

14- Penner D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technology 14: 785-791.

15- Rashed Mohassel M.R., Aliverdi A., and Ghanbari A. 2009. Effects of a magnetic field and adjuvant in the efficacy of cycloxydim and clodinafop – propargyl on the control of wild oat (*Avena fatua*). Weed Biology and Management 9: 300-306.

16- Reina F.G., Pascual L.A., and Fundora I.A. 2001. Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part II: Experimental Results Bioelectromagnetics 22: 596-602.

17- Zand E., Baghestani M.A., and Hadizadeh M.H. 2015. Executive instruction. A guide line for weed management in corn fields of Iran. Ministry of Jahad–E- Agriculture. Research and education organization. Iranian Research Institute of Plant Protection, p: 1-84. (In Persian with English abstract)

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 67-80

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۸۰-۶۷

The Effect of Magnetized Water on the Efficacy of Nicosulfuron, Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.)

M. Jamshidi[1]– A. Ghanbari[2]– M. Rastgoo[3*]
Received: 02-03-2019
Accepted: 05-11-2019

Introduction: There are many factors that affect the efficacy of herbicides such as formulation, physicochemical properties of the herbicide molecule, morphology and physiology of weeds, application time, and environmental conditions at the time of herbicide application and quality of their carriers. Meanwhile, water is considered as the most important and common carrier in most herbicides in which the activity of herbicide molecules are influenced by its quality. In general, there are many factors that stimulate water quality such as water hardness, pH of water, water temperature, bicarbonate ion content, turbidity of water and organic matter, iron and other substances affect the uptake, transport and optimum performance of some herbicides. Effect of magnetic fields on water is now the subject of an increasingly large research effort because it is known to reduce water hardness. In physic science, it is well established that by passing water through a magnetic device, the water can be influenced. However, the literature review in physical science in different country indicated also that magnetized water induced a change in water physicochemical properties such as conductivity, surface tension, viscosity, vaporization rate, and pH. So this technology was used in different countries who all reported the successful use of magnets in treating water for herbicide application. Using magnetized water in sprayer`s tank for some herbicide which sensitive to hard water, with reduced does, might lead to better weed control.

Material and Methods: To study the effect of passing water of sprayer`s tank through magnetic field on Nicosulfuron efficacy, yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.) two factorial experiments conducted based on randomized complete block design with three replications at the research field of Ferdowsi University of Mashhad (Lat 36˚15' N, Long 59˚28' E; 985 m Altitude) during 2016-2017. Experimental factors included Nicosulfuron dose in 5 levels: 0, 20, 40, 60 and 80 g a.i. ha^{-1} (recommended dose) and water type of sprayer`s tank with 3 levels (no magnetic water, 10 and 20 times passed water through magnetic field 650 mT). Magnetized water was produced by a commercial magnet namely AQUA CORRECT (650 Gauss magnetic field). Plots were sprayed on 6-leaf stage of corn by a knapsack sprayer with a flat nozzle no. 8002 at 240 kPa and with delivery volume of 185 liters per hectare. At the end of growth season (physiological maturity of corn), crop height, yield and yield components of corn including plant height, No. of row per ear, ear length, No. of grain per row, No. of total grain per ear, 100 seed weight, grain yield, biological yield and harvest index and total weed density and total weed biomass measured in 2 m^2 area of each plot. After Batrlet test and confirmation of homogeneity of error between two years of all data were analyzed by SAS ver. 9.1 and Excel ver. 2007 and treatments were separated using LSD Test. All statements of significance were based on probability of ($P \leq$ 0.05).

Results and Discussion: According to the results, 10 times of passing water of sprayer`s tank through magnetic field (650 mT) combined to 60 and 80 g a.i. ha$^{-1}$ Nicosulfuron significantly reduced total weed density and biomass in corn field. The maximum biological yield of crop (42510 Kg ha$^{-1}$), grain number in ear`s row (45), total number of grain per ear (627.2) and weight of 100 grain of corn (35.5 g) observed in 10 times of passing water of sprayer`s tank through magnetic field (650 mT) with the 60 and 80 g a.i. ha^{-1} of Nicosulfuron, which were 57, 21, 44, and19% more than the control treatment (no herbicide and no magnetized water), respectively. Also grain yield of corn increased significantly ($p \leq 0.05$) in control treatment of water with increasing the Nicosulfuron herbicide doses in both years of this experiment. The maximum yield observed in the combination of maximum Nicosulfuron dose with 10 times passed water of sprayer`s tank through magnetic field (650 mT) in both years. The lowest grain yield observed in the control treatment and the highest ones achieved in 100 percentage of herbicide recommended dose. It was concluded that the best combination treatment was 60 and 80 g a.i. ha^{-1} of Nicosulfuron and 10 times passing water sprayer`s tank through magnetic field 650 mT for corn.

Keywords: Herbicide dose, Water of sprayer`s tank, Weed dry weight

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.rastgoo@um.ac.ir)